



Universidade Federal do Paraná

**ESTUDO DA RESISTÊNCIA COESIVA DE CIMENTOS RESINOSOS
CONVENCIONAIS E AUTOADESIVOS**

Monografia

Especialização Prótese Dentária

Aline Graziela de Mello

Professor Orientador: Prof. Rogério Goulart da Costa

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Gebert de Oliveira Franco

Co-orientador: Prof. Dr. Marcio José Fraxino Bindo

Curitiba - PR

2010-11

ESTUDO DA RESISTÊNCIA COESIVA DE CIMENTOS RESINOSOS CONVENCIONAIS E AUTOADESIVOS

Mello AG¹, Franco APGO², Bindo MJF³, Costa RG⁴

¹ Aluna do Curso de Especialização em Prótese da UFPR.

² Doutora em Odontologia pela PUCPR.

³ Doutor em Odontologia pela USP.

⁴ Mestre em Odontologia Clínica pela UP.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a resistência coesiva, e o módulo de elasticidade obtido por meio do teste de tração e compressão de cimentos resinosos. Foram utilizados 15 espécimes para cada tipo de cimento resinoso. Os espécimes foram divididos em 3 grupos: G1- AllCem, G2- RelyX U100, G3- RelyX ARC e submetidos a dois testes mecânicos: tração e compressão numa Máquina de Ensaio Universal EMIC. Foram obtidos os resultados de resistência e módulo de elasticidade à tração e compressão dos cimentos resinosos. Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, homogeneidade de variâncias de Levene, ANOVA e múltiplas comparações de Games-Howell. Para a tração o teste ANOVA revelou diferenças significativas entre os valores médios segundo o cimento ($p < 0.05$). O teste de múltiplas comparações de Games-Howell para a tensão de ruptura mostraram que o cimento resinoso RelyX U100 apresentou os menores valores (21.91 ± 4.97 MPa), seguido pelo AllCem (23.13 ± 5.51 MPa) e pelo RelyX ARC (36.10 ± 8.27 MPa), onde o RelyX ARC diferiu estatisticamente do RelyX U100 e do AllCem. O RelyX U100 e AllCem não revelaram diferenças entre si ($p < 0.05$). No teste de compressão o cimento RelyX U100 também apresentou os menores valores (134.57 ± 48.93 MPa), seguido do RelyX ARC (145.64 ± 32.76 MPa) e AllCem (243.71 ± 29.75 MPa), onde os cimentos RelyX U100 e RelyX ARC diferiram estatisticamente do AllCem e não revelaram diferenças entre si ($p < 0.05$). Com este estudo foi constatado que os cimentos resinosos duais convencionais estudados apresentaram maiores valores de resistência à tração quando comparados ao cimento resinoso dual autoadesivo. E que a resistência coesiva à compressão foi maior que à tração para todos os cimentos resinosos estudados.

Palavras - chave: Compressão; Tração; Cimentos de Resina.

ABSTRACT

The present study was to evaluate the cohesive strength, resistance and modulus of elasticity of resin cements to tensile and compression. Were used 15 specimens for each type of resin cement. The specimens were divided into 3 groups: G1- AllCem, G2- RelyX U100, G3 - RelyX ARC and subjected to two mechanical tests: tensile and compression in a universal testing machine EMIC. Were obtained the results of strength and modulus of elasticity to tensile and compression of resin cements. The results were submitted to tests of normality of Kolmogorov-Smirnov, Levene's homogeneity of variance, ANOVA and multiple comparisons of Games-Howell. To tensile, the ANOVA revealed significant differences between the mean values as cement ($p < 0.05$). The test of multiple comparisons of Games-Howell for the tensile strength showed that the resin cement RelyX U100 presented the lowest values (21.91 ± 4.97 MPa), followed by AllCem (23.13 ± 5.51 MPa) and RelyX ARC (36.10 ± 8.27 MPa), where the RelyX ARC statistically different from RelyX U100 and AllCem. The RelyX U100 and AllCem revealed no differences between groups ($p < 0.05$). In the compression test the cement RelyX U100 also presented the lowest values (134.57 ± 48.93 MPa), followed by RelyX ARC (145.64 ± 32.76 MPa) and AllCem (243.71 ± 29.75 MPa), the cement RelyX U100 and RelyX ARC differed from the AllCem and revealed no differences between groups ($p < 0.05$). With this study we found that the resin cements dual conventional showed higher values of tensile strength when compared to resin cement dual self-adhesive. And the cohesive strength compressive was higher than the tensile for all resin cements studied.

Key – Words: Compression, Tensile, Resin Cements

INTRODUÇÃO

Sob condições normais, o sistema mastigatório é capaz de suportar os efeitos das forças mastigatórias, porém quando este sistema é alterado, a distribuição de tensões perante o carregamento também é alterada.¹ Durante a mastigação existem quatro tipos de forças, que são de compressão, tração, flexão e cisalhamento. Essas forças apresentam elevado caráter deletério quando se trata da perda de fixação em casos de próteses dentárias ou restaurações indiretas. Nesses casos o material de cimentação precisa ter resistência adesiva suficiente às estruturas dentárias e resistência coesiva para assegurar a fixação dessas peças.²

A evolução dos agentes cimentantes fez com que a busca por encontrar um material ideal para os procedimentos de cimentação promovesse maior número de pesquisas relacionadas ao assunto.^{3,4,5} Dessa forma, têm sido utilizados testes na investigação das propriedades mecânicas dos cimentos resinosos com o intuito de determinar a magnitude das tensões suportadas pelos materiais submetidos às cargas mastigatórias.^{6,7,8,9} Embora as propriedades mecânicas dos cimentos resinosos sejam muito investigadas, a resistência coesiva e o módulo de elasticidade à tração e compressão têm sido pouco estudados devido às dificuldades relacionadas à confecção de corpos-de-prova de tamanhos reduzidos e do desenvolvimento de garras para a realização dos testes de micro-tração que não utilizam o auxílio da fixação do espécime por meio de acrilato.

O objetivo do estudo foi comparar a resistência coesiva e os valores de módulo de elasticidade à tração e compressão entre cimentos resinosos duais convencionais e autoadesivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

1) Teste de Tração

Foram confeccionados 15 espécimes de cada cimento resinoso (Tab. 1), com o formato de ampulheta por meio de moldes de silicone (Fig.1) realizados a partir da moldagem de um espécime já existente de material plástico com comprimento total da ampulheta de 10,25 mm; comprimento da porção central da ampulheta de 2,75 mm; espessura de 1,00 mm; largura das extremidades de 1,00 mm; largura do centro da ampulheta de 4,00 mm.

Os cimentos resinosos foram divididos em 3 grupos: G1 AllCem, G2 RelyX U100, G3 RelyX ARC. Para a confecção foram manipuladas pasta base e catalisadora dos cimentos em quantidades iguais em uma placa de vidro. Os cimentos foram introduzidos nos moldes de silicone, cobertos com uma tira de poliéster e lâmina de vidro. Posteriormente, foram polimerizados por 40 segundos com aparelho fotoativador Optilux Demetron 500 (3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA). Após a remoção dos espécimes, os excessos foram removidos com papel abrasivo de granulação 1200 e os espécimes armazenados em água destilada em frascos escuros a 37 °C por 24 horas. Os espécimes foram medidos com um paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Digimatic Caliper). Posteriormente, foram submetidos ao teste de resistência à tração na Máquina de Ensaio Universal EMIC (EMIC, São José dos Pinhais,

PR, Brasil) com uma célula de carga de 100N a ASTM D 638M – 96 a uma velocidade de 1,0 mm/min até a falha ocorrer.

Foram obtidos os valores de tensão, força e deformação na ruptura do espécime submetido ao teste de tração, o que possibilitou a realização do cálculo dos valores de módulo de elasticidade dos agentes de cimentação resinosos estudados.

2) Teste de Compressão

O teste de compressão uniaxial foi realizado com os mesmos cimentos resinosos citados anteriormente. Foram confeccionados 15 espécimes por meio de moldes de nylon com dimensões de 8 mm de comprimento e 4 mm de diâmetro (ASTM D 695-02^a), (Fig. 02). Os cimentos resinosos foram manipulados de acordo com as recomendações dos fabricantes em placa de vidro com quantidades iguais de pastas base e catalisadora. Posteriormente, foram inseridos nos moldes posicionados sobre uma placa de vidro entre duas tiras de poliéster, sendo cobertos com uma lâmina de vidro. Os espécimes foram fotoativados com a mesma fonte de luz citada para o teste de tração durante 40 segundos e após 10 minutos foram removidos dos moldes. Os excessos foram removidos com papel abrasivo de granulação 1200 e os espécimes armazenados em água destilada em frascos escuros a 37 °C por 24 horas. Os espécimes foram medidos com um paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Digimatic Caliper) e submetidos ao teste de compressão uniaxial com velocidade de 1,0 mm/min até a fratura. Foram obtidos os valores médios de resistência à compressão e calculado o valor médio do módulo de elasticidade na compressão.

RESULTADOS

1) Teste de Tração

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov observou-se uma distribuição normal para as variáveis ($p < 0.05$).

O teste de homogeneidade de variâncias de Levene demonstrou heterogeneidade entre as variâncias para os cimentos. Portanto, foi realizado o teste ANOVA que revelou diferenças significativas entre os valores médios segundo o cimento ($p < 0.05$).

As múltiplas comparações de Games-Howell para a tensão de ruptura mostraram que o cimento resinoso RelyX U100 apresentou os menores valores (21.91 ± 4.97 MPa), AllCem (23.13 ± 5.51 MPa) e pelo RelyX ARC (36.10 ± 8.27 MPa), onde o RelyX ARC diferiu estatisticamente do RelyX U100 e do AllCem, que não revelaram diferenças entre si ($p < 0.05$).

Na análise dos valores de módulo de elasticidade observou-se que o cimento resinoso RelyX U100 mostrou os menores valores (0.53 ± 0.13 GPa), seguido pelo AllCem (0.59 ± 0.03 GPa) e pelo RelyX ARC (0.65 ± 0.06 GPa), onde o RelyX U100 diferiu significativamente do RelyX ARC. O AllCem não diferiu dos cimentos resinosos RelyX U100 e RelyX ARC ($p < 0.05$).

As análises descritivas estão dispostas na Tabela 2.

2) Teste de Compressão

Para o teste de Kolmogorov-Smirnov observou-se distribuição normal dos dados ($p>0.05$). Obsevou-se homogeneidade por meio do teste de homogeneidade de Levene ($p>0.05$). O teste de ANOVA demonstrou diferenças estatísticas significativas para os valores de módulo de elasticidade de resistência à compressão.

O teste de múltiplas comparações de Tukey HSD revelou que o cimento resinoso All-Cem (243.71 ± 29.75 MPa) demonstrou diferenças significativas para resistência à compressão quando comparado com Rely X ARC (145.64 ± 32.76 MPa) e Rely X U-100 (134.57 ± 48.93 MPa) que não diferiram entre si. O All-Cem apresentou diferenças significativas para o módulo de Young's modulus quando comparado com os outros cimentos resinosos. O All-Cem mostrou os maiores valores de módulo de elasticidade (2.78 ± 0.28 GPa) seguido pelo Rely X ARC (2.03 ± 0.39 GPa) e Rely X U-100 (1.92 ± 0.43 GPa) (Tabela 3).

DISCUSSÃO

Os agentes de cimentação foram selecionados para o estudo por serem amplamente utilizados na prática clínica para a fixação de peças protéticas e pinos intrarradiculares.¹⁰

No presente estudo foi testada a resistência coesiva dos cimentos resinosos duais convencionais e dual autoadesivo com o objetivo de investigar suas propriedades. Muitos trabalhos têm sido direcionados à análise da resistência adesiva dos cimentos resinosos, no intuito de avaliar a união entre dentina/esmalte ao cimento, como Hikita et al.,¹¹ (2007) e De Menezes et al.,¹² (2006). Outros como D'Arcangelo C et al.,¹³ (2008) estudaram a resistência de união entre pinos de fibra, cimento e dentina, para localizar e classificar as falhas de cimentação. Bitter et al.,¹⁴ (2006) estudaram as resistências adesiva e coesiva e encontraram que 58,3% das falhas adesivas se localizavam na interface cimento-dentina. Também verificou uma frequência de 23,6% de falhas coesivas em cimento para o RelyX Unicem. Isso nos leva a crer que a maior parte das falhas é encontrada na união de materiais com diferentes propriedades. Apesar disso, não se pode negligenciar a existência das falhas coesivas em cimento que podem também ocasionar perda da retenção do material de reconstrução coronária.

No teste de resistência coesiva à tração o cimento RelyX ARC apresentou os melhores resultados de módulo de elasticidade ($0,65 \pm 0,06$ GPa) e resistência (36.10 ± 8.27 MPa). No teste de compressão o AllCem apresentou os maiores valores de módulo de elasticidade e de resistência (2.78 ± 0.28 GPa; 243.71 ± 29.75 , respectivamente). Os valores de resistência do RelyX ARC e RelyX U-100 não diferiram estatisticamente (145.64 ± 32.76 MPa e 134.57 ± 48.93 MPa, respectivamente). Os resultados desse estudo diferiram dos encontrados por Kumbuloglu et al.,¹⁵ (2004), onde o cimento RelyX Unicem apresentou melhores propriedades (145 MPa) se comparado ao RelyX ARC (88 MPa).

Os resultados do presente estudo ainda revelaram valores inferiores de resistência e módulo de elasticidade obtidos no teste de tração se comparados aos obtidos por meio do teste de compressão. Esses resultados sugerem que

os cimentos resinosos estudados falharão de forma coesiva mais facilmente na tração que na compressão. Essa condição revela um grande problema em casos de cimentação de restaurações indiretas e de pinos intrarradiculares, pois a maior parte dos alimentos ingeridos apresentam-se na forma pegajoso, portanto estes geram grande incidência de forças de tração durante o ato mastigatório. Apesar desta constatação clínica, muitos estudos têm sido direcionados à resistência de dentes restaurados indiretamente com ou sem a presença de pinos intrarradiculares submetidos a forças compressivas de fadiga.^{16,17,18}

Os resultados obtidos a partir dos testes de tração e compressão demonstraram comportamentos muito diferentes entre si, tanto para o módulo de elasticidade quanto para a resistência. As diferenças nos valores de módulo de elasticidade à tração e compressão encontradas permitem definir esses materiais como sendo anisotrópicos. A anisotropia está caracterizada pela presença de bimodularidade.

Estudos que envolvem simulações de casos clínicos por meio do Método dos Elementos Finitos devem tomar muito cuidado quanto à seleção das propriedades de módulo de elasticidade de materiais resinosos odontológicos. Alguns artigos (Asmussen et al.,¹⁹ 2005 e Soares CJ et al.,²⁰ 2008), têm citado módulos de elasticidade obtidos em estudos experimentais anteriores por meio do teste de resistência flexural de três pontos.²¹ Neste teste um espécime na forma de palito com dimensões (25 x 2 x 2 mm) é apoiado sobre dois suportes distantes entre si a 20 mm e ocorre a incidência de uma força na região central superior do espécime. Essa força gera tensões de compressão na parte superior do espécime e de tração na parte inferior. Por esse motivo, utilizar valores de módulo de elasticidade provenientes do teste de resistência flexural de três pontos pode induzir a resultados e interpretações errôneas. Análises mais aproximadas da realidade clínica poderiam ser realizadas por meio de algoritmos iterativos que consideram os módulos de elasticidade na tração e na compressão para um mesmo material resinoso.

Os dados obtidos revelaram que o cimento resinoso convencional AllCem apresentou melhor comportamento quando submetido às forças mastigatórias. Esse cimento demonstrou uma melhor combinação de resultados de resistência à compressão e à tração.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, concluiu-se que:

- Os cimentos resinosos duais convencionais estudados apresentaram maiores valores de resistência à tração quando comparados ao cimento resinoso dual autoadesivo;
- A resistência coesiva à compressão foi maior que à tração para todos os cimentos resinosos estudados;
- O cimento AllCem apresentou a melhor combinação de resultados de resistência à compressão e à tração.

REFERÊNCIAS

1. Amarante MV, Pereira MVS, Camarão AF. Dissertação de mestrado – PUC-Rio. 2003.
2. Silva B, Mondelli JM. Dissertação de mestrado – Faculdade de odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo. 2007.
3. Anusavice K. Materiais Dentários. 11 ed ed . Rio de Janeiro. 2005.
4. Craig RG, Powers J. Materiais Dentários Restauradores. 11 ed ed. São Paulo. 2004.
5. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. Oper Dent. 2003 Sep-Oct; 28(5):535-42.
6. Nakamura T, Wakabayashi K, Kinuta S, Nishida H, Miyamae M, Yatani H. Mechanical properties of new self-adhesive resin-based cement. J Prosthodont Res. 2010; 54(2):59-64.
7. Saskalauskite E, Tam LE, McComb D. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cement. J Prosthodont. 2008; 17(4):262-8.
8. Mondelli JM, Steagall L, Navarro MFL. Resistência ao cisalhamento por punção, compressão e tração diametral de cimentos utilizados como base protetora de restaurações. Rev Fob. 1994; 2(1):1-6.
9. Ciarelli LE, Navarro MFL, Carvalho RM. Punch shear strength of luting cement. Rev. Fob. 2001 jan/jun; 9(112):93-6.
10. Vasquez IMT, Francisconi PAS. Avaliação in vitro da resistência ao cisalhamento de três agentes cimentantes em porcelana feldspática. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo. 2009.
11. Hikita K, Van Murbuk B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. Dental Materials. 2007; 23:71-80.
12. De Menezes MJL, Arrais CAG, Gianini M. Influence of light-activated and auto- and dual-polymerizing adhesive systems on bond strength of indirect composite resin to dentin. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2006.
13. D'Arcangelo C, D'Amario M, Vadini M, Zazzeroni S, De Angelis F, Caputi S. An evaluation of luting agent application technique effect on fibre post retention. 2008; 36:235-240.
14. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on Bond strengths to root canal dentine. International Endodontic Journal. 2006; 39:809–818.

15. Kumbuloglu O, Lassila LVJ, User A, Vallittu PK. A Study of the Physical and Chemical Properties of Four Resin Composite Luting Cements. *The International Journal of Prosthodontics*. 2004; 17:3.
16. Hayashi M, Sugeta A, Takahashi Y, Imazato S, Ebisy S. Static and fatigue fracture resistances of pulpless teeth restored with post-cores. 2008; 24:78-86.
17. Zogheib LV, Pereira JR, Valle AL, Oliveira JA, Pegoraro LF. Fracture Resistance of Weakened Roots Restored with Composite Resin and Glass Fiber Post. 2008; 19(4):329-333.
18. Fokkinga WA, Kreulen CM, Le Bell-Roennlof A-M, Lassila LVJ, Vallittu PK, Creugers NHJ. In vitro fracture behavior of maxillary premolars with metal crowns and several post-and-core systems. *Eur J Oral Sci*. 2006; 114:250-256.
19. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2005; 94(4):321-329.
20. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PCF, SoaresPV, Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: Comparison between microtensile and push-out tests. *Dental Materials*. 2008; 24:405-411.
21. Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2003; 89(2):127-134.

TABELAS

Tabela 1.

Cimentos Resinosos	Tipo	Fabricante	Composição	Número do Lote
Rely X ARC	Cimento resinoso dual convencional	3M ESPE, St Paul, MN	Pasta A: 68% de partículas de carga (zircônia/sílica), pigmentos, amina e sistema fotoiniciador. Pasta B: 67% de partículas de carga, peróxido de benzoíla.	GU9JG
All-Cem	Cimento resinoso dual convencional	FGM, Joinville, BR	Pasta Base: monômeros metacrílicos (TEGDMA, Bis EMA e BisGMA), canforoquinona, co-iniciadores, micro-partículas de vidro de bário alumino-silicatos, nanopartículas de dióxido de silício, pigmentos inorgânicos e conservantes. Pasta Catalisadora: Monômeros metacrílicos, peróxido de dibenzoíla, estabilizantes, micropartículas de bário-aluminosilicatos e 66 a 67% de peso de carga.	230309
Rely X U-100	Cimento resinoso dual autoadesivo	3M ESPE, St Paul, MN	Pasta Base: fibra de vidro, ésteres ácido fosfórico metacrilato, dimetacrilato de trietilenoglicol, sílica tratada com silanoe persulfato de sódio. Pasta	339395

Catalisadora:
fibra de
vidro,
dimetacrilato
substituto,
sílica tratada com
silano,
ptoluenosulfonato
de sódio e
hidróxido de
cálcio.

Tabela 2.

Cimento	Módulo de Elasticidade (GPa)	Resistência à tração (MPa)
RelyX U100	0.53 (0.13) ^a	21.91 (4.97) ^a
RelyX ARC	0.65 (0.06) ^b	36.10 (8.27) ^b
AllCem	0.59 (0.03) ^{ab}	23.13 (5.51) ^b

*Letras diferentes representam diferenças significativas nas colunas.

Tabela 1.

Cimento	Módulo de Elasticidade (GPa)	Resistência à compressão (MPa)
RelyX U100	1.92 (0.43) ^a	134.57(48.93) ^a
RelyX ARC	2.03 (0.39) ^a	145.64 (32.76) ^a
AllCem	2.78 (0.28) ^b	243.71(29.75) ^b

*Letras diferentes representam diferenças significativas nas colunas.

FIGURAS

Figura 1.

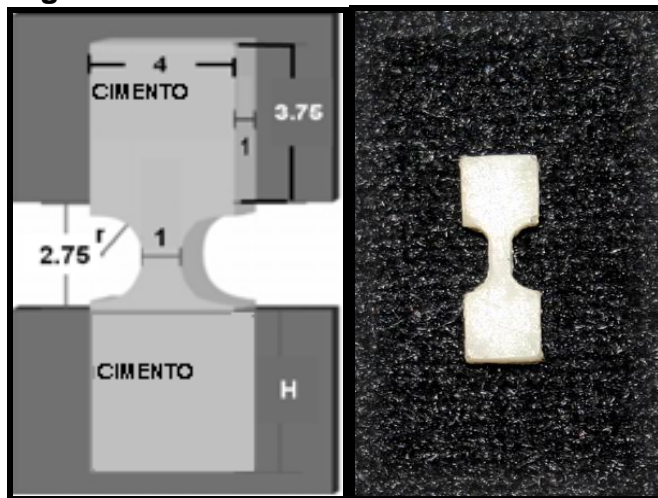
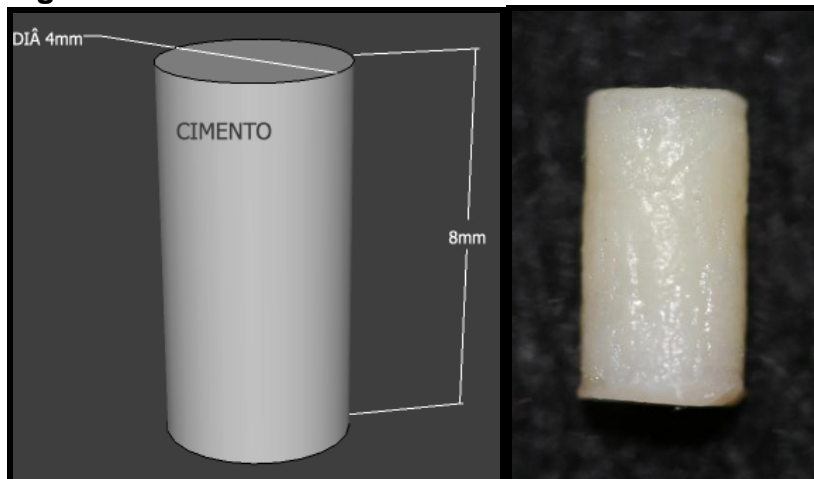


Figura 2.



LEGENDAS

Tabela 1. Cimentos resinosos utilizados no estudo.

Tabela 2. Análises descritivas dos valores de média (desvio padrão) para o teste de resistência à tração.

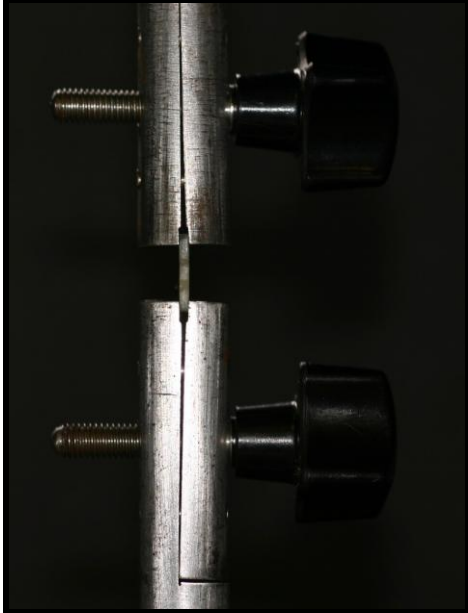
Tabela 3. Análises descritivas dos valores de média (desvio padrão) para o teste de resistência à compressão.

Figura 1. Esquema representativo das dimensões do espécime utilizado para o teste de tração e foto do espécime.

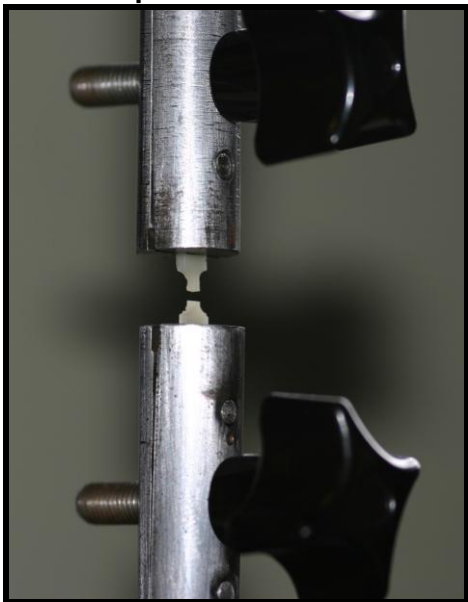
Figura 2. Esquema representativo das dimensões do espécime utilizado para o teste de compressão e foto do espécime.

ANEXOS

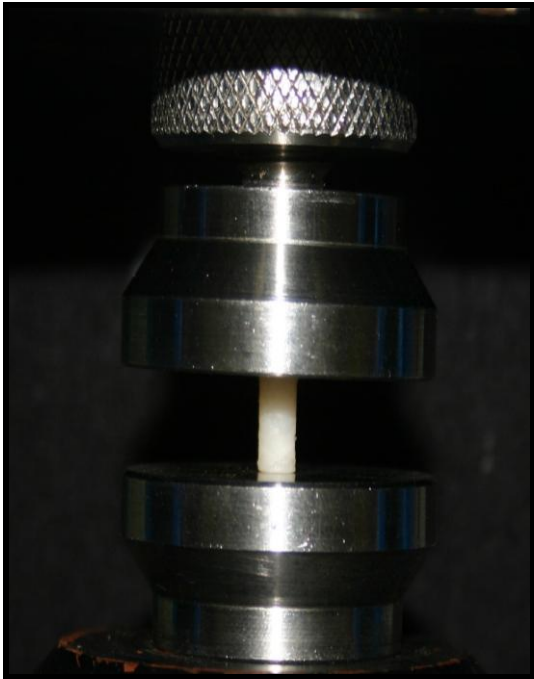
1. Máquina EMIC – Teste de Tração – Antes da Fratura



2. Depois da Fratura



3. Teste de Compressão – Antes da Fratura



4. Depois da Fratura

